بیست و یکمین کنفرانس اپتیک و فوتونیک ایران
و هفتمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
۲۳ تا ۲۵ دی ماه ۱۳۹۳، دانشگاه شهید بهشتی

# دی مالتی پلکسر نوری مبتنی بر بلورهای فوتونیکی

رضا طالب زاده،* محمد سروش و تینا دقوقی

دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده مهندسی، گروه برق

**چکیده – در این مقاله از یک کاواک در یک ساختار فشرده مبتنی بر بلورهای فوتونی برای ایجاد دی مالتی پلکسر نوری استفاده شده است. سطح مقطع ساختار ایجادشده $355\mu m^2$ است و به همین منظور برای کاربردهای مدارمجتمع نوری بسیار مناسب است. برای اینکه بتوان انتقال توان خوبی از موجبر به کاواک‌ها را فراهم آورد، از ناراستی‌هایی با قابلیت تنظیم طول موج فرکانس مرکزی پورت‌های خروجی با تغییر شعاع آن‌ها استفاده شده است. برای طول موج گزینی از دو کاواک $L_2$ و $L_3$ استفاده شده است و بازده توان انتقالی در دی مالتی پلکسر بالاتر از $70\%$ و ضریب کیفیت بالاتر از $1000$ به‌دست آمده است. متوسط پهنای باند طیف‌های خروجی $1.25nm$ است و مقدار متوسط هم‌شنوایی بین کانال‌ها $-14.5dB$ است.**

کلید واژه- بلور فوتونی، دی مالتی پلکسر نوری، کاواک، ضریب کیفیت، هم‌شنوایی

# Optical demultiplexer based on Photonic Crystals

Reza Talebzadeh*, Mohammad Soroosh, and Tina Daghooghi

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz

Abstract- In this paper we proposed an optical demultiplexer based on photonic crystals. The cross section of the structure is $355\mu m^2$ so it can be a suitable candidate for designing optical integrated circuits. In the proposed structure, we used two cavities capable of selecting output central frequency with adjusting radius of rods as defects in photonic crystals. The transmission efficiency of proposed demultiplexer is above 70% and the quality factor is better than 1000. The average bandwidth of output spectra is about $1.25nm$ and the crosstalk level is $-14.5dB$.

Keywords: photonic crystals, optical demultiplexer, cavity, quality factor, crosstalk

[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-03 ]



این مقاله در صورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

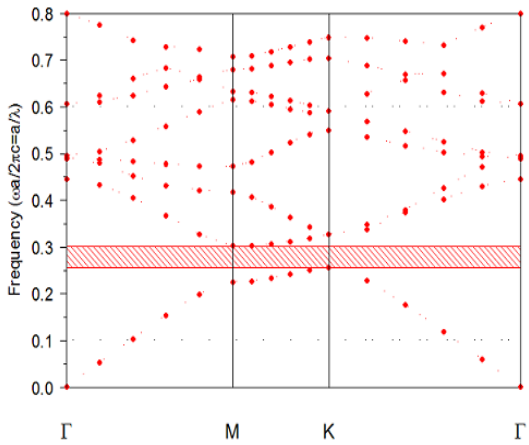
## ۱- مقدمه

امروزه، ساختار بلورهای فوتونی زمینه‌ی بسیار مناسبی برای پیش‌رفت‌های روزافزون در فناوری افزاره-های مورد استفاده در مدارهای مجتمع نوری فراهم ساخته است. بلورهای فوتونی ساختارهایی شامل ناحیه-های تکرارشونده با ثابت‌های دی الکتریک متفاوت هستند که رفتار نور را کنترل می‌کنند. باند ممنوعه فوتونیکی بلور شامل نوارهای انرژی است که انتشار امواج الکترومغناطیسی در هر جهتی در آن غیر مجاز می‌باشد [1]. با ایجاد ناراستی‌های نقطه‌ای و لایه‌ای درون شبکه‌ی بلور، امکان کنترل و هدایت انتشار طول موج یا فرکانس مورد نظر (با توجه به باند ممنوعه) فراهم شده که در طراحی طیف انتقالی با باند باریک و ضریب کیفیت بالا کاربرد دارد. از مهم‌ترین ویژگی‌های این بلورها می‌توان به قابلیت مجتمع سازی آن‌ها در مدارهای نوری و دست‌یابی به سرعت عمل‌کرد بالا اشاره کرد. افزاره‌های نوری گوناگونی مانند کلیدهای نوری [2,3]، فیلترها نوری [4-7]، جداکننده های نوری [8]، و دی مالتی پلکسر نوری [9-11] مبتنی بر بلورهای فوتونی ساخته شده است. روش‌های متنوعی برای ساخت دی مالتی پلکسر وجود دارد که از جمله‌ی آن‌ها می‌توان به ایجاد دی ماکس توسط موجبر با ناراستی‌ها در ساختار بلور و کاواک، و هم-چنین تشدیدگرهای حلقوی اشاره کرد. در مقاله [12] از یک کاواک تشدیدی که توسط رستمی و همکاران [13,14] برای طراحی دی مالتی پلکسر استفاده شده بود به عنوان یک فیلتر استفاده شده است. در فیلتر پیشنهادی [12]، به جز سه موجبر ورودی و خروجی از سه نوع ناراستی استفاده شده است. دو ناراستی نقطه‌ای در ابتدا و انتهای کاواک، یک نوع ناراستی نقطه‌ای در ابتدای موجبر خروجی و یک نوع ناراستی با اعمال اثر جابجایی در میانه‌ی کاواک استفاده شده‌اند سپس نشان داده شده است که می‌توان با تغییر هر کدام از این ناراستی‌ها، فرکانس مرکزی فیلتر را تنظیم کرد. در ساختاری که ما در این مقاله با الهام گرفتن از مقاله‌ی فیلتر یاد شده و به منظور دست‌یابی به دی مالتی پلکسر ۱به۲ ارائه داده‌ایم، فقط از یک نوع ناراستی استفاده شده است. بنابراین برای ساختن میله‌های دی‌الکتریک ناراستی از نظر قابلیت و پیاده‌سازی ساخت و رسیدن به دقت مورد نیاز، ساده تر می‌باشد. در این مقاله برای ساختار یاد شده از دو کاواک استفاده شده است که با تنظیم شعاع‌های ناراستی ها دی مالتی پلکسر بهینه با بازده انتقال توان بهتر و هم شنوایی پایین‌تر به دست آمده است.

ادامه‌ی مقاله شامل بخش‌های زیر می‌باشد. در بخش ۲، فرایند طراحی دی مالتی پلکسر توصیف شده است. بخش ۳ شامل نتایج شبیه‌سازی و جداول پارامترهای عمل‌کرد آن می‌باشد. و در آخر، در بخش ۴، نتیجه‌گیری مقاله ارائه شده است.

## ۲- طراحی دی مالتی پلکسر

در طراحی افزاره‌های مبتنی بر بلور فوتونی، به منظور کمینه کردن تلفات توان ورودی درون بلور باید خصوصیات ساختاری آن با طول موج ورودی تنظیم شده باشد. بنابراین در ابتدا به محاسبه‌ی باند ممنوعه فوتونیکی ساختار می‌پردازیم. برای طراحی از ساختار دو بعدی شش وجهی $30\times30$ استوانه‌های هوایی موجود باشعاع $R=120nm$ در یک بستر دی الکتریک استفاده شده است. ضریب شکست دی الکتریک $n_d=3.5$، ضریب شکست هوا $n_a=1$ و ثابت شبکه $a=400nm$ است. با استفاده از نرم افزار آرسافت نمودار نوار انرژی و باند ممنوعه‌ی آن در شکل ۱ نشان داده شده است.

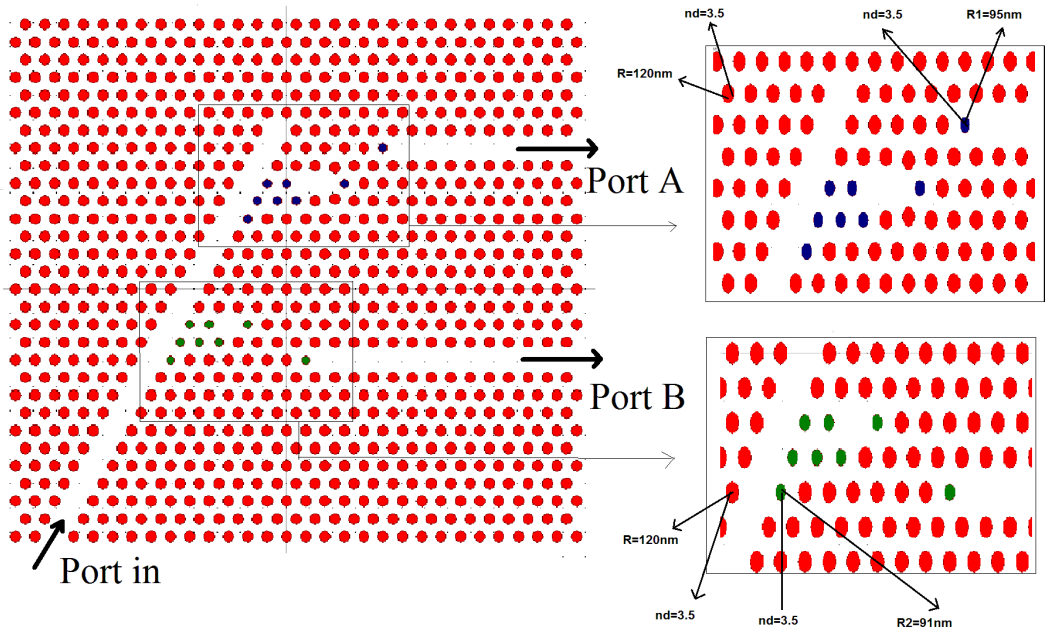



شکل ۱: نمودار نوار انرژی و باند ممنوعه‌ی فوتونیکی ساختار اولیه.

همان‌گونه که در شکل ۱ نمایان است، محدوده‌ی باند $0.250\le\frac{a}{\lambda}\le0.301$ است که متناظر با طول موج-های $1333.3(\mu m)\le\lambda\le1600(\mu m)$ می‌باشد. ساختار دی مالتی پلکسر ارائه شده در شکل ۲ نشان داده شده است.



[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-03 ]



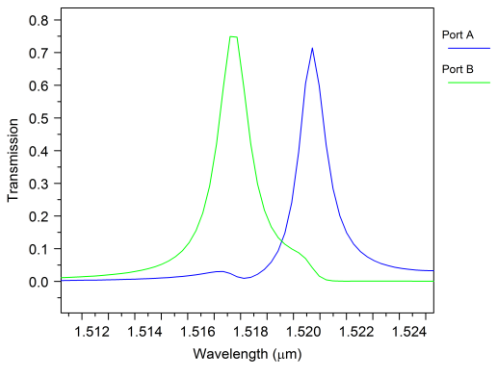

شکل ۲: ساختار افزاره پیشنهادی و بزرگ‌نمایی کاواک‌های آن.

همان‌گونه که مشخص است، ساختار ارائه شده شامل ۳ بخش اصلی می‌باشد: یک موجبر ورودی اریب، کاواک‌های تشدیدی و دو موجبر خروجی افقی. ناراستی‌های آبی رنگ با شعاع $R_1 = 95nm$ و ناراستی‌های سبز رنگ با شعاع $R_2 = 91nm$ طراحی شده اند.

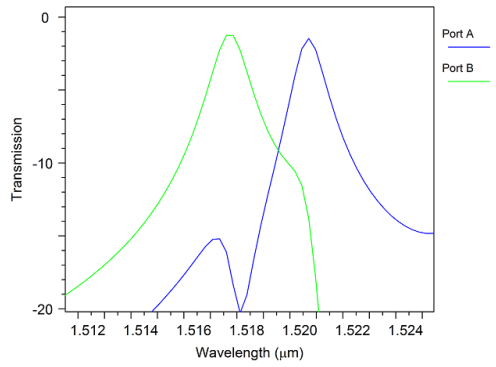
## ۳- نتایج شبیه‌سازی

نمودار طیف خروجی در شکل‌های ۳ تا ۵ نشان داده شده است. طول موج مرکزی پورت‌ها (یا کانال‌ها)، $1517nm$ و $1520nm$ است و بازده توان انتقالی آنها در شکل ۳ مشخص شده‌اند. در شکل‌های ۴ و ۵ نمودار موج‌های خروجی پورت‌ها به تفکیک نشان داده شده است و مشخص می‌کند که دی مالتی پلکسر ارائه شده به خوبی توانایی جداسازی امواج مورد نظر را دارد.

برای توصیف عمل‌کرد دی مالتی پلکسر ارائه شده برخی پارامترهای مهم مانند پهنای باند، ضریب کیفیت ($Q = \frac{\lambda}{\Delta\lambda}$) و بازده توان انتقالی برای هر یک از پورت‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌گونه که در مقدمه بیان شد، از مهم‌ترین مزایای این ساختار کاهش هم‌شنوایی پورت‌ها می‌باشد. برای محاسبه‌ی میزان هم‌شنوایی پورت-ها، ابتدا نمودار خروجی در مقیاس دسی‌بل تنظیم شده سپس فاصله‌ای که ادامه‌ی موج یک پورت به فرکانس مرکزی موج پورت دیگر می‌رسد، اندازه‌گیری می‌شود. در جدول ۲ این مقادیر مقایسه شده است.




(الف)

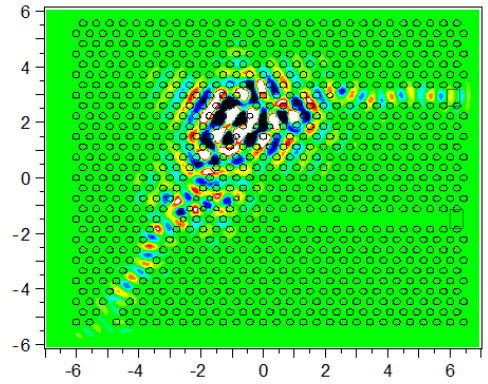



(ب)

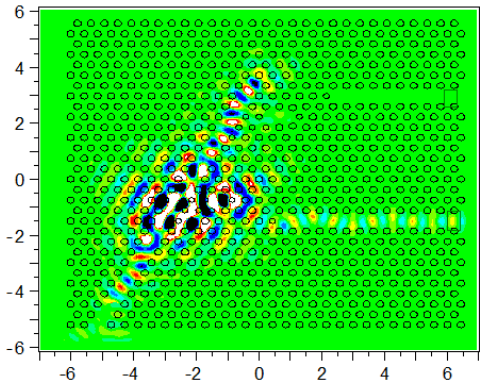
شکل ۳: نمودار موج خروجی دی مالتی پلکسر ارائه شده (الف)خطی، (ب) db.



[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-03 ]



شکل ۴: نمودار موج خروجی با انتخاب پورت A.



شکل ۵: نمودار موج خروجی با انتخاب پورت B.

جدول ۱:پارامترهای مهم دی مالتی پلکسر.

| پورت | طول موج مرکزی(nm) | پهنای باند (nm) | ضریب کیفیت | بازده توان انتقالی |
|---|---|---|---|---|
| B | 1517 | 1.3 | 1167 | 75% |
| A | 1520 | 1.2 | 1266 | 71% |

جدول ۲: مقادیر هم‌شنوایی پورت‌ها.

| پورت | $\lambda_1 = 1517nm$ | $\lambda_2 = 1520nm$ |
|---|---|---|
| $\lambda_1 = 1517nm$ | _ | $-16.3dB$ |
| $\lambda_2 = 1520nm$ | $-13dB$ | _ |

## ۴- نتیجه‌گیری

در این مقاله با استفاده از بلورهای فوتونی به طراحی یک دی مالتی پلکسر نوری پرداخته‌ایم. در مقایسه با سایر دی مالتی پلکسرها که در آن‌ها از چندین ناراستی و جابجایی استفاده شده بود، در ساختار ارائه شده تنها از یک نوع ناراستی استفاده کرده‌ایم و سپس با تنظیم شعاع ناراستی‌ها و طول کاواک‌ها توانستیم طول موج‌های سیگنال ورودی را با بازده توان انتقالی و ضریب کیفیت بالا از هم جداسازی کنیم. در دی مالتی پلکسر ارائه شده، ضریب کیفیت میانگین 1200 است و میانگین مقادیر هم-شنوایی بین پورت‌های مجاور $-14.5dB$ است. با توجه به پارامترهای ذکر شده و تاکید بر استفاده از فقط یک نوع ناراستی، دی مالتی پلکسر ارائه شده قابلیت پیاده سازی ساده‌تری در مقایسه با سایر طرح‌های ارائه شده دارد. بیش‌ترین و کمترین بازده توان انتقالی در پورت‌های خروجی به ترتیب 75% و 71% است که برای آشکارسازی سیگنال مناسب است.

## مراجع


[1] K. Sakoda, Optical Proprties of Photonic Crystals, Springer-Verlag, Berlin, (2001).

[2] M.A. Mansouri-Birjandi, M.K. Moravvej-Farshi, A. Rostami**, Applied Optics** 47 (2008) 5041.

[3] J.D. Joannopoulas, R.D. Mead, J.N. Winn, Photonic Crystals: Molding the Flow of Light, Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, 1995.

[4] P. Jiang, C. Ding, X. Hu, Q. Gong**, Physics Letters** A 363 (2007) 332.

[5] X. Hu, Z. Liu, Q. Gong**, Physics Letters** A 372 (2008) 333.

[6] Sun, X. Z., P. F. Gu, W. D. Shen, X. Liu, Y. Wang, and Y. G. Zhang, "*Design and fabrication of a novel reflection filter*," **Applied Optics**, Vol. 46, 2899–2902, 2007.

[7] Alipour-Banaei H and Mehdizadeh F 2012 Dig. J. Nanomater. Biostruct. 7 361–7

[8] X. Chen, Z. Qiang, D. Zhao, Y. Wang, H. Li, Y. Qiu, W Zhou, **Optics Commu- nications** 284 (2011) 490.

[9] M.R. Rakhshani, M.A. Mansouri-Birjandi, **Journal of Electromagnetic Waves and Applications** 26 (2012) 1700.

[10] Kulishov, M., X. Daxhelet, M. Gaidi, and M. Chaker, "*Electronically reconfigurable superimposed waveguide long-period gratings*," **J. Opt. Soc. Am. A**, Vol. 19, No. 8, 2002.

[11] S. Robinson, R. Nakkeera ,"Two dimensional photonic crystal ring resonator based add drop filter for CWDM systems" **Optik** 124(2013)3430-3435.

[۱۲] فرهادمهدیزاده، سمیه سراج محمدی و حامد علیپور،"بررسی عوامل موثر بر رفتار طول موج گزینی کاواک رزونانسی بر بلورهای فوتونیکی" اولین کنفرانس ملی نانو الکترونیک ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات کرمانشاه،۱۳۹۱.

[13] A. Rostami, F. Nazari, H. Alipour Banaei, and A. Bahrami, "*A nove proposal for DWDM demultiplexer design using modified T P\photonic crystal structure*" **Photonic and Nanostrucutres – Fundamentals and Applications** 8 14-22 (2010).

[14] A. Rostami, H. Alipour Banei, F. Nazari, and A. Bahrami, "An ultra-compact photonic crystal wavelength division demultiplexer using resonance cavities in a modified Y-branch stryctyre" **Optik** 466 1481-1485 (2011).




[ Downloaded from opsi.ir on 2026-11-03 ]